

麗川工業團地の 大氣汚染이 公솔에 미치는 影響

Effects of Air Pollution on *Pinus thunbergii* in Yocheon Industrial Complex

金泰旭 · 李景宰* · 金俊選

서울大學校 農科大學 · *서울 市立大學

Tae Wook Kim, Kyoung Jae Lee, Joon Seon Kim

College of Agriculture, Seoul National University, Suweon, Korea

*Seoul City College, Seoul, Korea

ABSTRACT

To examine the effects of air pollution on *Pinus thunbergii* growing around Yocheon Industrial Complex, evaluation of visible injury based on Injury Index and chemical analysis of water-soluble sulfur and fluorine contents in needles were carried out on 30 sampling sites. Histological responses of needles were also investigated on the necrotic needle tissues.

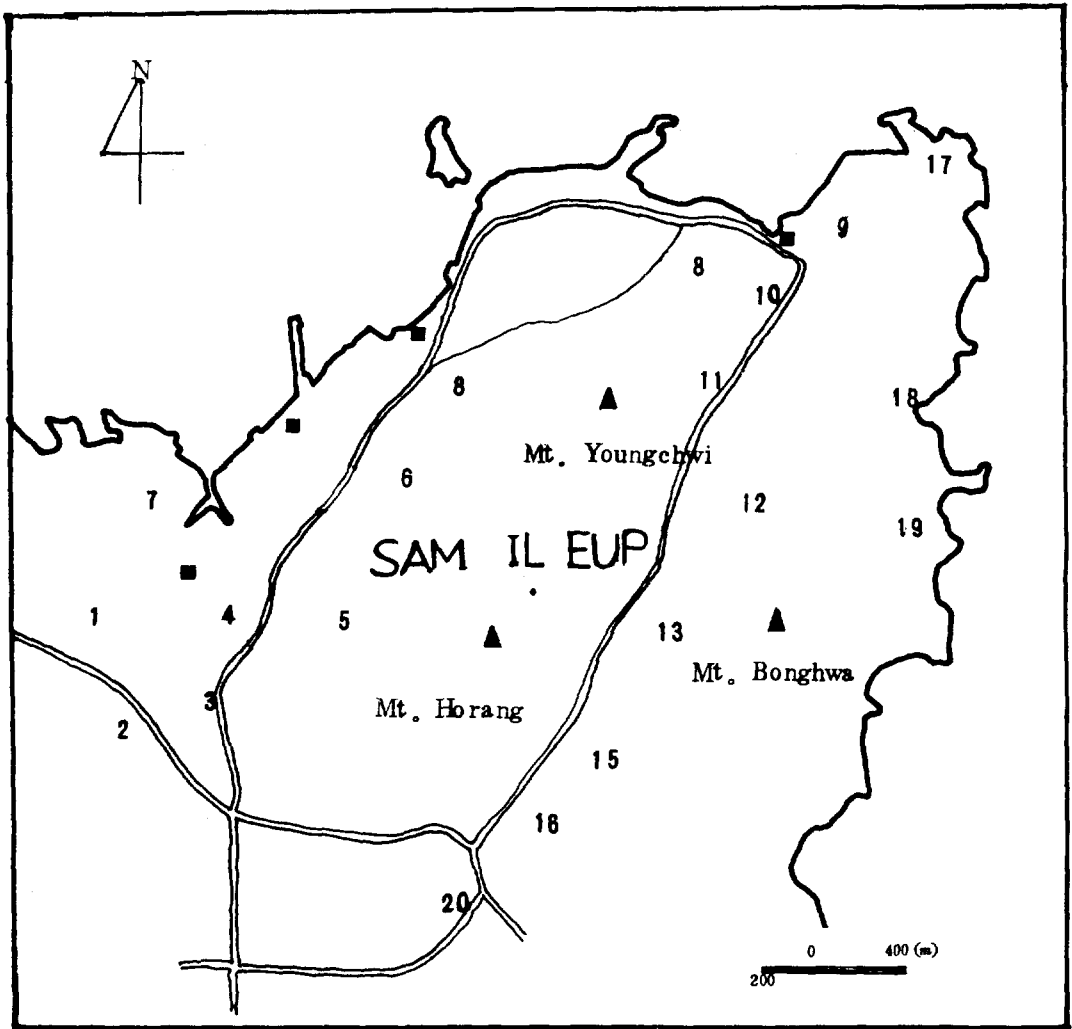
Not only Injury Index but water-soluble sulfur and fluorine contents were higher at all sites than those at control site, and showed significant correlation among them. Especially, they were rather higher in the vicinity of air pollutants sources. Water-soluble sulfur contents were positively correlated with average atmospheric SO_2 concentrations. Microscopic examination of necrotic needle tissues showed that mesophyll cells were collapsed with hypertrophy and collapse of transfusion cells.

1. 結 論

1970年代 公업화정책에 의해 建設된 大規模 工業團地中 하나인 麗川工業團地는 全南 麗水에서 남서쪽 18 km 지점에 위치해 있으며 해발 400 m 以上の 영취산 호랑산이 남서로 길게 뻗어 서쪽에는 石油化學系列工場과 火力發電所等 20여개 工場이 밀집되어 있고 동쪽에는 南海化學麗川工場이 入住하고 있다. 麗川工業團

에서 排出되는 主要 大氣汚染物質은 燃料中에 포함된 硫黃酸化合物과 인산비료 제조시 生成되는 佛化合物으로써 SO_2 의 경우 月平均 10,000 t 以上이 排出되고 있다. 植物에 被害를 주는 汚染物質中에서 가장 중요한 것이 SO_2 gas이며 佛素는 毒性이 매우 크기 때문에 麗川工業團地에서도 植物體의 可視被害가 관찰되어 1981年 國立環境研究所¹⁷⁾에서 소나무類에 發生한 被害를 報告한 바 있다.

大氣汚染에 依한 樹木被害는 外觀上의 被害徵候와 體



〈그림 1〉 Location map of sampling sites

內 汚染物質의 分析이 실증적 根據資料를 제공한다. 따라서 本 研究는 麗川工團 周邊森林에 優占種으로 生育하고 있는 곰솔을 對象으로 被害度檢定, 葉中 汚染物質의 定量分析 및 葉組織觀察 等を 通하여 麗川工團의 大氣汚染이 森林에 미치는 一次的 影響을 파악하기 위해 수행되었다.

2. 材料 및 方法

2.1 調查地의 設定

本 研究를 수행하기 위해 1983년 8월 全南 麗川郡 三日邑 所在 麗川工團 周邊의 森林을 對象으로 優占種

인 곰솔의 被害度檢定 및 葉中 汚染物質 分析을 위해 20個 調查地를 設定하였다. 〈그림 1〉. 對照地는 大氣汚染의 影響이 거의 없는 全南 光陽郡 玉龍面 秋山里에 位置한 서울大學校 農科大學 附屬演習林에 設定하였다. 調查地域의 環境要因을 分析하기 위한 氣像資料는 麗川工團에서 10 km 떨어진 麗水測候所의 測定值를 이용하였다.

2.2 곰솔의 被害度 調査

各 調查地의 上層 林冠을 이루고 있는 곰솔중 10株를 無作爲로 선발하여 津野辛人 (1976)¹⁵⁾ 과 國立環境研究所 (1981)¹⁷⁾ 의 樹木被害算定 方法을 참작하여 8個項目에 대해 被害度를 調査하였다. 즉, 各 供試木의 樹

冠外側 中央部の 東西南北 4 方向에서 채취한 가지의 觀測值를 점수화하여 기록한 다음 平均值를 算出하였다. 各 項目의 調査方法은 다음과 같다.

2.2.1 葉의 變色度

채취된 가지의 變色된 葉의 백분율에 의해 當年葉 (Co) : 0 (25% 이하) 2 (26~50%)
3 (51~75%) 4 (76~100%)
昨年葉 (C₁) : 0 (25% 이하) 1 (26~50%)
0 (51~75%) 3 (76~100%)

2.2.2 落葉率

0 (20% 이하) 1 (21~40%) 2 (41~60%)
3 (61~80%) 4 (81~100%)

단, 落葉率(%) = $\frac{\text{작엽부위 길이}}{\text{가지길이}} \times 100 (\%)$

2.2.3 生長比

$R_1 = \frac{\text{昨年生 가지길이}}{\text{當年生 가지길이}}$

$R_2 = \frac{\text{再昨年生 가지길이}}{\text{昨年生 가지길이}}$

2.2.4 頂芽優劣度 : 頂芽의 有無에 따라
有 (0) 無 (1)

2.2.5 樹冠減少 : 正常 (0) 減少 (1)

2.3 葉中 汚染物質 分析

곰솔 被害度 調査時 채취한 가지에서 10 個를 無作爲로 추출하여 2 年生葉 50 g씩 총 500 g을 채취한 후 實驗室로 운반하여 葉面에 부착된 異物質을 세척한 후 80 ℃에서 48 時間 건조하여 100 mesh 이하의 분말로 만들어 分析試料로 利用하였다. 水溶性硫黃은 重量法에 의해 定量하였으며 佛素는 Alizarin Complexone 試藥에 의한 佛素吸光度 定量法에 의하였다.

2.4 葉組織의 解剖學的 觀察

Chlorosis 를 나타내는 곰솔葉을 채취하여 FAA 용액에 固定시킨 후 Ethyl Alcohol 로 脫水시키고 Paraffin 에 매몰시켜 14~18 μm 두께로 橫斷面과 縱斷面으로 절단하였다. Feulgen 의 nuclear reagent 2~3 時間, fast green 에 15~45 초동안 二重 染色시켜 代表的 徵候를 나타내는 部分을 檢鏡하였다.

3. 結果 및 考察

3.1 環境要因

本 研究가 수행된 麗川工團 周邊의 森林은 海拔 40 ~420 m에 位置하였으며 各 調査地의 一般의인 概況은 <表 1>에 나타난다. 土深은 一般의으로 깊지 않고 土壤水分은 適의 상태이다. 平均 直徑으로 보아 中徑木이 主를 이루고 있다. 調査地域의 最近 29 年間 (1953~1981) 氣像資料의 平均值는 <表 2>에 보이는데 年平均 氣溫은 13.0 ℃로써 任 (1975)¹⁸⁾이 區分한 우리나라 水平의 森林帶의 溫帶南部에 속하며 月平均 氣溫이 가장 높은 8 月이 25.7 ℃ 가장 낮은 1 月이 1.6 ℃로써 海洋의 影響을 받아 內陸地方에 비해 溫度較差가 심하지 않은 편이다. 年平均 降水量은 1406.6 mm로 우리나라 平均值인 1000~1200 mm 보다는 많은 편이나 年降水量中 50%인 700.2 mm가 6~8 月에 내려 典型的인 6~8 月間의 集中降水 特性을 보인다. 溫量指數 (Warmth Index WI = $\sum_{t>5} (t-5)$) 단, n은 t>5 ℃인 개월 수) 및 寒冷指數 (Coldness Index CI = $-\sum_{t>5} (5-t)$) 단, 12-n은 t>5 ℃인 개월 수)를 계산한 바 各各 111.2, -5.9 였다.

3.2 곰솔의 被害度

소나무類는 大氣汚染物質에 민감하게 反應하여 低濃度에서도 잎에 壞死部分이 나타나고 耐性濃度가 넘으면 異常落葉을 일으키고 결국 枯死한다.^{2,9,15)} 따라서 소나무類에 發生한 被害徵候는 一定한 基準을 設定하여 大氣汚染의 影響을 평가할 수 있다.^{6,15)} <表 3>은 各 調査地別 곰솔의 被害度를 사정한 結果를 나타낸다. 잎의 變色은 對照地에 비해 거의 모든 調査地에서 심하게 변하였으며 昨年生葉 (Co)이 當年生葉보다 더 심하게 변색되었다. 大氣汚染으로 인한 잎의 變色은 Chlorophyll과 Carotenoid 의 파괴에 따른 Chlorosis, 반점 등으로 나타나며 피해가 進行됨에 따라 적갈색으로 변한다.^{2,5,6,14)} 또한 大氣汚染에 대한 針葉의 感受性은 汚染物質의 種類, 濃度, 時間, 環境要因에 따라 다르지만 一般的으로 同化作用이 왕성한 成熟葉의 感受性이 더 크다.^{2,3,5,6,9)} 針葉樹에 대한 SO₂ 가스의 慢性被害는 主로 葉齡이 높은 針葉에서 Chlorosis로 나타나며 HF gas의 경우에는 어린 잎부터 被害가 發現된다. 本 調

〈表 1〉 Environmental gradients of Sampling sites

| Site | Aspect | Slope(o) | Altitude(m) | Soil depth | Soil moisture | Aver D.B.H. (cm) | Aver. Ht. (m) |
|------|--------|----------|-------------|------------|---------------|------------------|---------------|
| 1 | S | 15 | 100 | medium | dry | 5.2 | 4.8 |
| 2 | N | 10 | 40 | do. | moisture | 13.5 | 7.2 |
| 3 | NE | 25 | 40 | do. | do. | 15.2 | 8.7 |
| 4 | SE | 15 | 50 | do. | dry | 9.9 | 5.1 |
| 5 | NW | 10 | 70 | do. | moisture | 6.4 | 6.2 |
| 6 | NE | 20 | 50 | do. | do. | 6.9 | 5.0 |
| 7 | SW | 20 | 70 | do. | dry | 5.6 | 4.8 |
| 8 | N | 20 | 50 | do. | moisture | 5.3 | 4.1 |
| 9 | NE | 15 | 50 | do. | do. | 8.3 | 5.4 |
| 10 | E | 25 | 100 | do. | do. | 13.4 | 9.4 |
| 11 | E | 20 | 80 | deep | do. | 9.6 | 4.9 |
| 12 | S | 15 | 170 | medium | do. | 11.2 | 8.1 |
| 13 | W | 15 | 140 | do. | do. | 14.0 | 8.8 |
| 14 | NE | 10 | 170 | do. | do. | 9.0 | 5.6 |
| 15 | NW | 5 | 180 | do. | do. | 18.1 | 9.2 |
| 16 | NW | 15 | 170 | do. | do. | 9.5 | 5.8 |
| 17 | SE | 20 | 50 | do. | do. | 10.3 | 5.1 |
| 18 | SE | 15 | 110 | do. | do. | 9.8 | 6.8 |
| 19 | NE | 10 | 110 | do. | dry | 14.5 | 7.4 |
| 20 | SE | 10 | 100 | do. | moisture | 8.5 | 6.7 |
| 21 | SE | 20 | 250 | do. | do. | 12.8 | 9.8 |

〈表 2〉 Synoptic meteorological data in Yosu

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | Mean |
|-----------------------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|--------|
| Average Temp. (℃) | 1.6 | 2.9 | 7.1 | 12.5 | 17.2 | 20.4 | 24.1 | 25.7 | 22.0 | 16.8 | 10.4 | 4.6 | 13.8 |
| Average Max. Temp (℃) | 5.2 | 6.9 | 11.3 | 16.3 | 21.1 | 23.8 | 26.9 | 28.9 | 25.5 | 20.7 | 14.3 | 8.2 | 17.4 |
| Average Min. Temp (℃) | -1.4 | -0.5 | 3.4 | 8.9 | 14.0 | 17.9 | 22.1 | 23.3 | 19.0 | 13.5 | 7.1 | 1.3 | 10.7 |
| Relative Humidity (%) | 56 | 58 | 60 | 68 | 71 | 79 | 85 | 79 | 72 | 63 | 60 | 58 | 67 |
| Total Precipita. (mm) | 23.2 | 43.7 | 58.8 | 156.0 | 147.6 | 214.7 | 278.5 | 207.0 | 147.1 | 55.5 | 45.8 | 28.7 | 1406.6 |
| Warmth Index (℃) | | | 11.2 | | | | | | | | | | |
| Coldness Index (℃) | | | -5.9 | | | | | | | | | | |

査에서 昨年生葉이 當年生葉보다 심하게 變色된 것은 針葉이 初期에 HF gas의 被害를 받고 葉齡이 증가 되면서 SO₂ gas의 慢性的 影響을 받아왔기 敍문으로 사료된다. 大氣汚染의 影響이 지속되면 針葉은 變色에

이 異常落葉이 된다.^{3 10)} 落葉率은 昨年枝에서 當年枝보다 높았고 對照地에서보다 높았다. 소나무類의 針葉은 良好한 條件에서는 3年間 着葉되나 不良한 條件에서는 1~2年內에 落葉된다. Carlson(1971)³⁾은 大氣

〈表 3〉 Injury Index of Pinus thunbergii

| No. of Site | C ₀ | C ₁ | F ₀ | F ₁ | C·R | T | R ₁ | R ₂ | Total |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|-----|----------------|----------------|-------|
| 1 | 2.4 | 2.0 | 1.4 | 3.0 | 1.0 | 1.0 | 1.19 | 1.39 | 13.18 |
| 2 | 2.6 | 2.2 | 2.8 | 3.0 | 1.0 | 1.0 | 1.02 | 1.49 | 15.11 |
| 3 | 2.6 | 2.6 | 2.0 | 4.0 | 1.0 | 1.0 | 1.22 | 1.43 | 15.85 |
| 4 | 2.0 | 2.0 | 2.6 | 2.6 | 1.0 | 1.0 | 1.69 | 1.84 | 14.73 |
| 5 | 2.0 | 1.0 | 1.0 | 2.8 | 0.8 | 0.2 | 1.33 | 1.57 | 10.70 |
| 6 | 2.4 | 2.2 | 1.6 | 3.0 | 1.0 | 1.0 | 1.35 | 1.63 | 14.75 |
| 7 | 1.2 | 2.4 | 1.2 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 0.98 | 1.14 | 8.12 |
| 8 | 3.0 | 2.0 | 1.0 | 1.8 | 1.0 | 1.0 | 1.31 | 1.30 | 12.02 |
| 9 | 2.8 | 1.8 | 2.6 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 2.01 | 2.51 | 13.72 |
| 10 | 3.0 | 2.6 | 3.0 | 4.0 | 1.0 | 1.0 | 2.40 | 4.62 | 21.62 |
| 11 | 2.4 | 2.0 | 3.0 | 3.8 | 1.0 | 1.0 | 1.22 | 1.97 | 16.39 |
| 12 | 2.6 | 1.6 | 2.6 | 2.6 | 0.8 | 0.0 | 1.60 | 2.49 | 13.69 |
| 13 | 2.0 | 1.8 | 2.6 | 2.6 | 0.2 | 0.0 | 1.40 | 1.81 | 12.41 |
| 14 | 1.0 | 1.4 | 0.8 | 0.8 | 1.0 | 0.2 | 1.06 | 0.94 | 7.20 |
| 15 | 2.6 | 1.6 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 1.17 | 1.32 | 4.89 |
| 16 | 0.8 | 1.0 | 0.6 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 1.28 | 1.57 | 6.25 |
| 17 | 2.2 | 2.0 | 0.6 | 2.8 | 1.0 | 1.0 | 1.19 | 1.36 | 12.15 |
| 18 | 0.4 | 1.0 | 1.0 | 0.8 | 0.2 | 0.2 | 1.19 | 1.38 | 7.07 |
| 19 | 1.2 | 1.8 | 1.0 | 1.4 | 0.8 | 0.2 | 1.16 | 1.15 | 8.71 |
| 20 | 1.2 | 1.2 | 0.4 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 1.26 | 1.94 | 8.00 |
| 21 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 1.06 | 1.32 | 4.38 |

C₀ : 當年葉의 變色

F₀ : 當年枝의 落葉

C₁R : 樹冠減少

C₁ : 昨年葉의 變色

F₁ : 昨年枝의 落葉

T₁ : 頂芽優勢

R₁(R₂): 1/2 長比

汚染地域의 Douglas-fir 林分에서 葉齡이 높을수록 落葉率이 증가한다고 하였다. 따라서 麗川工團 周邊의 곰솔은 大氣汚染으로 인한 生育環境의 惡化로 針葉이 早期落葉되고 이는 全體 樹冠의 變化를 초래하고 있었다. 觀察된 各 項目의 合計, 즉 곰솔의 被害度는 調査地 10이 21.62로 가장 높고 汚染源 인근의 調査地가 대체로 10 이상의 높은 값을 보였다. 汚染源에서 排出된 有毒物質은 大氣中에서 확산됨에 따라 점차 濃度가 희박해져서 汚染源에서 멀어질수록 樹木에 미치는 影響도 적어진다. 津野幸人(1976)¹⁵⁾은 日本 內海地域에서 소나무의 活力指標을 調査하여 大氣汚染이 深한 곳일수록 소나무의 쇠퇴현상이 뚜렷하다고 보고한 바 있다. 被害度가 클수록 곰솔의 活力은 약하기 때문에 本 調査에서 나타난 結果는 大氣汚染 物質이 곰솔의 生育에 위

해를 加하고 있다고 사료되며 이로 인한 森林群集의 變化가 예상된다.

3.3 곰솔葉中 汚染物質

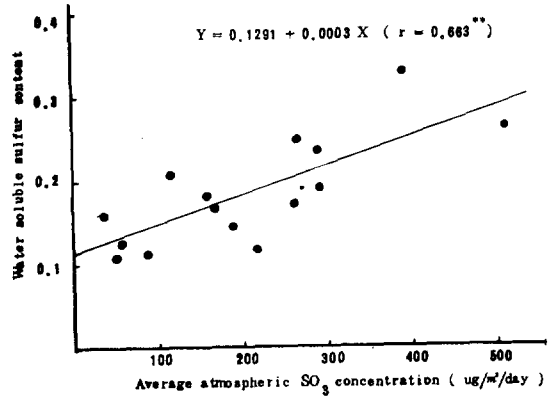
〈表 4〉는 곰솔 2年生葉에서 定量한 水溶性硫黃과 佛素의 含量을 보인다. 水溶性硫黃은 全 調査地에서 對照地보다 높았고 특히 汚染源 인근에서는 0.2% 내외의 높은 수준을 보였다. 正常植物은 種에 따라 0.05~0.1%의 硫黃含量을 지닌다. 硫黃은 植物體 構成元素의 하나로 土壤에서 뿌리로 흡수된다. 그러나 大氣中の SO₂ gas는 氣空을 통해 葉內에 吸收되어 黃酸鹽이 되고 이는 다시 methionine 等の 有機黃化合物에 結合되므로 Sulfate-S가 積적되어 植物組織을 파괴한다.^{13,16)} 慢性的 大氣汚染地域에서 植物體의 水溶性硫黃의 定量

〈表 4〉 The contents of water-soluble sulfur and fluorine in the 1-year needles of *Pinus thunbergii*.

| No. of Site | Water-soluble Sulfur Content (%) | Fluorine Content (ppm) |
|-------------|----------------------------------|------------------------|
| 1 | 0.2359 | 71.5 |
| 2 | 0.2222 | 70.7 |
| 3 | 0.2312 | 73.6 |
| 4 | 0.2466 | 98.5 |
| 5 | 0.2176 | 77.3 |
| 6 | 0.2611 | 70.3 |
| 7 | 0.1725 | 23.6 |
| 8 | 0.1061 | 78.3 |
| 9 | 0.1492 | 100.0 |
| 10 | 0.1701 | 82.5 |
| 11 | 0.2130 | 78.2 |
| 12 | 0.1947 | 89.9 |
| 13 | 0.1534 | 79.7 |
| 14 | 0.1489 | 56.1 |
| 15 | 0.1305 | 57.9 |
| 16 | 0.0985 | 48.5 |
| 17 | 0.1695 | 94.2 |
| 18 | 0.0779 | 35.1 |
| 19 | 0.0985 | 75.1 |
| 20 | 0.1104 | 23.0 |
| 21 | 0.0392 | 23.3 |

은 大氣中에서 직접 吸收된 SO_2 量을 파악하는데 이용된다.¹⁴⁾ 硫黃酸化物的 경우 大氣汚染度와 植物體內 硫黃含量間에는 相關關係가 있는 것으로 알려져 있으며¹⁰⁾ 植物體內 硫黃의 축적은 SO_2 發生源에 가까워질수록 증가한다.^{2,10)} 1982年 KAIST¹⁹⁾에서 報告한 麗川工團의 大氣中 平均 SO_2 濃度를 참조하여 調査地가 一致하는 15個 地域의 枞葉中 水溶性硫黃 含量間에는 유의성있는 相關關係가 인정되어 Carlson(1980)²⁾, Linzon(1978)¹⁰⁾의 報告와 一致하였다. 〈그림 2〉

佛素는 植物의 構成元素가 아니므로 수은, 카드뮴 등의 重金屬과 같이 植物體內 含量分析은 佛素被害의 有力한 檢定方法이 된다.⁸⁾ 〈表 4〉에서 보듯이 葉中 佛素含量은 對照地에서 23.3 ppm인데 비해 調査地 7, 20을 제외한 全 調査地에서 40~100 ppm의 높은 수준이었다. 이는 針葉樹에서 可視被害를 나타내는 葉中 佛



〈그림 2〉 Relationship between water-soluble sulfur content in 1-year needles of *Pinus thunbergii* and average atmospheric SO_3 concentrations

素濃度가 30~60 ppm이라는 Carlson(1971)³⁾의 報告와 一致하며 Treshow(1967)¹²⁾가 報告한 一般植物의 佛素含量 10~20 ppm 보다는 높은 수준으로 南海化學에서 排出된 HF gas가 멀리까지 광범위하게 확산되었음을 시사한다. 國立環境研究所에서 報告한 1981年의 麗川工團內 枞葉中 水溶性硫黃 含量이 0.0790~0.1271%, 佛素含量이 18.4~34.6 ppm인데 비해 本 調査에서는 各各 0.0779~0.2611%, 23.0~100.0 ppm으로 당시보다 많은 量의 大氣汚染物質이 축적되어 있었다. 大氣汚染物質의 축적은 樹木에 可視被害를 유발시키므로 〈表 3,4〉에 의거하여 枞葉의 被害度를 종속변수로, 葉中 水溶性硫黃 및 佛素含量을 독립변수로 하여 重相關을 구한 결과 다음과 같다.

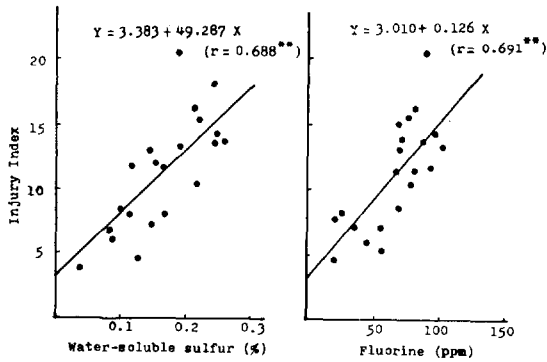
$$Y = 0.7523 + 31.7252 x_1 + 0.0823 x_2 \quad (R^2 = 0.616^{**})$$

Y = 枞葉 被害度

x_1 = 葉中 水溶性硫黃含量 (%)

x_2 = 葉中 佛素含量 (ppm)

이 중선형회귀식에 포함된 독립변량중에 어떤 變量이 枞葉 被害度의 변화에 더 크게 기여하고 있는지를 파악하기 위해 標準偏回歸係數를 구한 결과 $x_1' = 0.963$, $x_2' = 1.646$ 으로 佛素의 축적이 枞葉被害의 變化에 더 크게 作用하고 있다고 사료된다. 〈그림 3〉에서 보듯이 枞葉被害度와 葉中 汚染物質과의 單相關에서도 水溶性硫黃 含量과 佛素 含量은 자기 높은 正의 相關을 보여 麗川工團에서 排出된 硫黃酸化物과 佛化物이 枞葉에 被

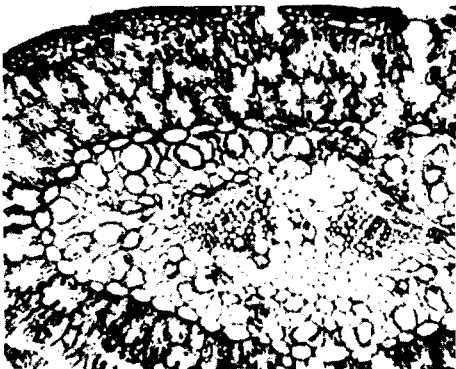


〈그림 3〉 Relationship between Injury Index and contents of each air pollutants.

害를 미치고 있음을 알 수 있다.

3.4 葉組織의 解剖學的 觀察

곰솔 被害葉의 橫斷面과 縱斷面의 組織觀察은 〈寫眞 1,2〉에서 보인다. 被害葉은 전체적으로 葉肉組織의 산발적인 崩壞가 일어났고 崩壞된 葉肉組織은 內皮層역시 崩壞되었다. 道管部와 體管部는 異常肥大(Hypertrophy) 되었다. 주입세포는 大氣汚染에 의해 chlorosis, necrosis를 제일 먼저 나타내는 것으로서 源形質構造狀의 異常肥大, 崩壞現像이 移入組織의 유연세포에서 나타난 바 이는 病虫害를 받은 組織에서는 거의 찾아볼 수 없는 것이다. 道管部の 뒤틀림과 부풀림은 縱斷面에서 명백히 나타났으며 이 現象은 壞死組織 이외에 인접세포까지 확대되었다.



〈사진 1〉 곰솔피해엽의 횡단면 (X200)
내피층 (EN), 사관부 (P)가 붕괴되었고 도관부 (VT)는 이상비대현상을 나타냄.



〈 사진 2 〉곰솔피해엽의 종단면 (X100)
내피층 (EN)은 붕괴되었고 엽육조직 (MP)는 심한 원형질분리현상을, 도관부 (VT)는 적색으로 염색되었음.

4. 要約 및 結論

麗川工業團地에서 排出되는 大氣汚染物質이 곰솔에 미치는 影響을 調査하기 위하여 곰솔의 被害度調査 葉中 汚染物質 分析 및 葉組織의 解剖學的 觀察 등을 행한 結果를 要約하면 다음과 같다.

- 4.1 곰솔의 被害度는 全 調査地에서 對照地보다 높았고 특히 汚染源 인근에서 높았다.
- 4.2 2年生 곰솔葉中 水溶性硫黃 및 佛索含量도 곰솔被害度와 유사한 경향을 보였으며 이들 간에는 서로 유의적인 相關을 나타냈다.
- 4.3 葉組織의 觀察에서는 葉肉組織의 崩壞와 함께 移入組織의 異常肥大, 崩壞現像 등이 나타나 病虫害와는 다른 徵候를 보였다.

以上과 같은 結果로 보아 麗川工團에서 排出된 硫酸化合物과 佛化合物이 大氣로 확산됨에 따라 곰솔의 生育에 不利한 影響을 미치고 있다고 사료되며 곰솔은 麗川工團 周邊森林의 優占種이기 때문에 이러한 大氣汚染의 被害는 森林群集의 構造變化를 야기시켜 森林生態系를 攪亂시킬 것으로 예상된다.

참 고 문 헌

1. Adams, D.F., C.G. Shaw, and W.D. Yerkes Jr. 1956. : Relationship of injury indexes and fumigation fluoride levels. *Phytopathology* 46:587-591.

2. Carlson, C. 1980. : Kraft mill gases damage Douglas-fir in western Montana, *Eur. J. For Path.* 10:145-151.
3. Carlson, C.E., and J.E. Dewey 1971. : Environmental Pollution by fluorides in Flathead National Forest and Glacier National Park. USDA. For. Ser. Div. State Private Forest. Missoula. pp.1-57.
4. Carlson, C.E., and C.J. Gillian 1983. : Histological differentiation among abiotic causes of conifer needle necrosis. USDA. For. Ser. Res. Cap. INT 278. 1799
5. Costonis, A.C. 1971. : Effects of ambient sulfur dioxide and ozone on eastern white pine in a rural environment. *Phytopathology* 61:717-720.
6. Dochinger, L.S. and S.L. Arner. 1978. : Needle mottle in a eastern-white pine seedlings. : A selective parameter for air pollution sensitivity, USPA For. Ser. Res. Pap. WE 406.
7. Heath, R.L. 1980. : Initial Events of injury to plants by air pollutants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31:395-431.
8. Jensen, K.F., L.S. Dochinger, and A.M. Townsend 1976. : Pollution Response. In *Modern method in forest genetics*. J.P. miksche ed. Springer-verlag pp.189-216.
9. Kikizima, K. 1973. : On sulfur dioxide gas injury to the Japanese red-pine forests. *J. Jap. For. Soc.* 55(5):182-184.
10. Linzon, S.N. 1978. : Effects of airborne sulfur on plants. In *sulfur in the environment*. J.D. Nriagu ed. John Wiley and Sons. pp.109-162.
11. Stewart, D., M. Treshow, and F.M. Harner. 1973. : Pathological anatomy of conifer needle necrosis. *Can. J. Bot.* 51:983-988.
12. Treshow, M., F.K. Anderson, and F. Harner 1967. : Response of Douglas-fir to elevated atmospheric fluorides. *For. Sci.* 13:114-120.
13. 山添文雄. 眞弓羊一, 1972, 二酸化硫黄を吸収した植物中の硫黄の分布および形態について. *日本土肥誌* 43 (7): 245-250.
14. 山添文雄. 眞弓羊一, 1975. 大気汚染による植物被害の鑑定法に関する研究. *農技研究報 B.* 27 : 28.
15. 津野幸人, 1976, 指標生物 講談社 pp. 77-86.
16. 藤原喬, 1970. 植物体内に吸収された二酸化イオウの蓄積形態と徴候發現. *日植病報* 26 : 128-131.
17. 김재봉, 김동환, 정연보, 오재기, 강덕희, 1981. 4개공단주변지역의 숲잎중 硫黄含量에 관한 연구. *國立環境研究所報.* 3 : 255-270.
18. 임경빈. 1968. *造林學原論*. 향문사, pp. 280.
19. 한국과학기술원, 1984. 여천공업단지 대기오염영향.